

ION IMPLANTATION DEVICE

Patent Number: JP10302707

Publication date: 1998-11-13

Inventor(s): AOKI MASAHIKO;; MATSUDA KOJI

Applicant(s): NISSIN ELECTRIC CO LTD

Requested Patent: JP10302707

Application Number: JP19970123110 19970425

Priority Number(s):

IPC Classification: H01J37/317; C23C14/48; H01J37/05; H01J37/09; H01L21/265

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ion implantation device which can exclude a light ion including only a hydrogen element and can implant all other ions in a wafer in the case of using hydrogen compound gas as source gas.

SOLUTION: This ion implantation device comprises: an ion source which produces a long ion beam having a smaller width 2a larger length T, a diameter of an object sample 6; a longitudinal yoke 10 having a passage of a longitudinal ion beam; main coils M1, M2 wound on the middle of the yoke 10; first auxiliary coils A1, A2 wound on the middle of the yoke 10; first auxiliary coils A1, A2 wound on one of the ends of the yoke 10, in line with the main coils M1, M2; and second auxiliary coils B1, B2 wound on the other end of the yoke 10, in line with the main coils M1, M2. Further, this device comprises: a long mass analysis magnet which generates a magnetic field in a longitudinal direction of longer side of the ion beam passage; and a shutter which shuts a light ion separated by the mass analysis magnet; a sample maintaining structure which maintains the sample so that the ion beam of ions other than the light ion separated by the mass analysis magnet may be implanted therein and which moves the sample to a direction orthogonal to the longitudinal direction of the ion beam. The magnetic field in the longitudinal direction is uniformly distributed in the longitudinal direction by controlling a ca coil current.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-302707

(43)公開日 平成10年(1998)11月13日

(51)Int.Cl.⁶

H 01 J 37/317
C 23 C 14/48
H 01 J 37/05
37/09
H 01 L 21/265

識別記号

F I

H 01 J 37/317 Z
C 23 C 14/48 Z
H 01 J 37/05
37/09 Z
H 01 L 21/265 603B

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平9-123110

(22)出願日

平成9年(1997)4月25日

(71)出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地

(72)発明者 青木 正彦

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地日新
電機株式会社内

(72)発明者 松田 耕自

京都府京都市右京区梅津高畠町47番地日新
電機株式会社内

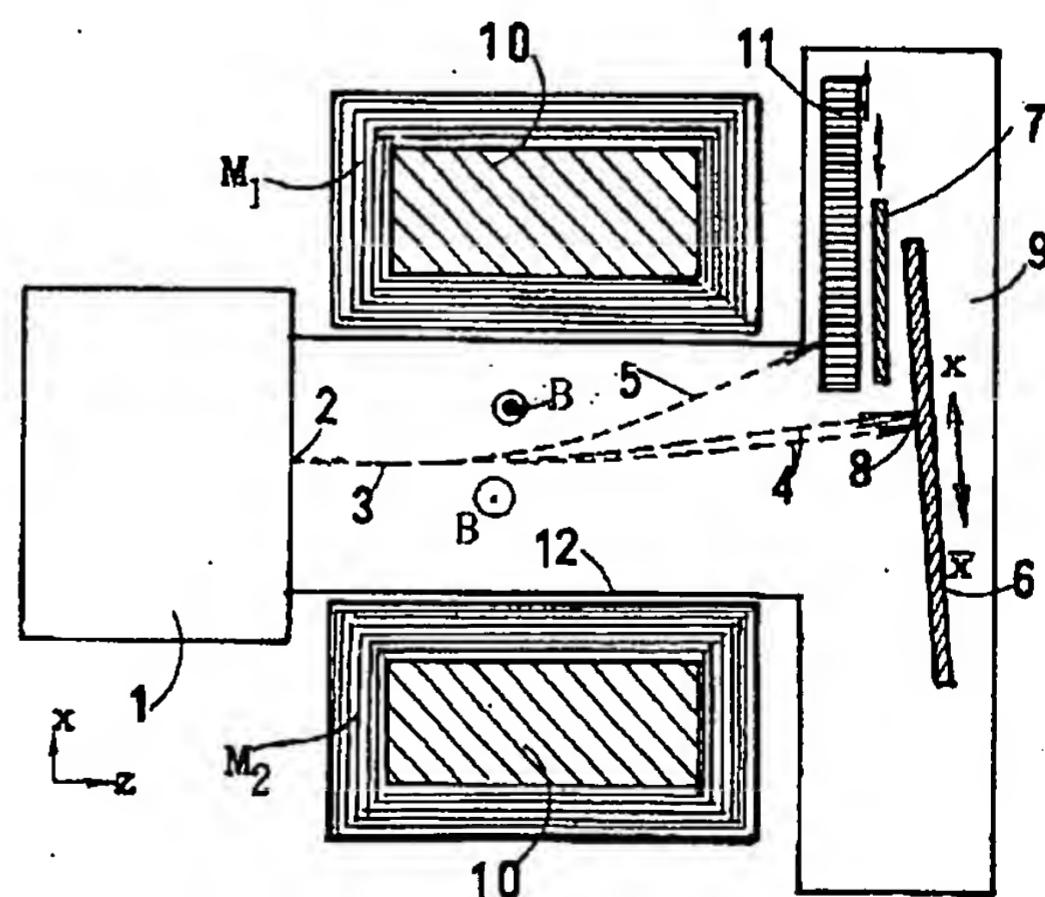
(74)代理人 弁理士 川瀬 茂樹

(54)【発明の名称】 イオン注入装置

(57)【要約】

【課題】 水素化合物ガスなどを原料ガスとして使う場合、水素元素だけを含む軽イオンは排除して、それ以外のイオンは全てウェファに注入できるようにしたイオン注入装置を与える。

【解決手段】 対象となる試料直径より小さい横幅と、直径より大きい縦幅をもつ縦長のイオンビームを生成するイオン源と、縦長イオンビームの通路を有する縦長のヨークと、ヨークの中央部に巻かれた主コイルM₁、M₂と、主コイルに並んでヨークの一方の端部に巻かれた第1補助コイルA₁、A₂と、主コイルと並んでヨークの他方の端部に巻かれた第2補助コイルB₁、B₂とよりなりイオンビーム通路の長辺側である縦方向に磁場を発生する縦長の質量分析磁石と、質量分析磁石によって分離された軽イオンを遮断するシャッタと、質量分析磁石によって分離された軽イオン以外のイオンビームが注入されるように試料を保持しイオンビームの長手方向と直交する方向に試料を移動させる試料保持機構とよりなる。コイル電流を調整することによって縦方向の磁場を縦方向において一様であるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象となる試料直径より小さい横幅と、直径より大きい縦幅をもつ縦長のイオンビームを生成するイオン源と、縦長イオンビームの通路を有する縦長のヨークと、ヨークの中央部に巻かれた主コイルM1、M2と、主コイルに並んでヨークの一方の端部に巻かれた第1補助コイルA1、A2と、主コイルと並んでヨークの他方の端部に巻かれた第2補助コイルB1、B2によりなりイオンビーム通路の長辺側である縦方向に磁場を発生する縦長の質量分析磁石と、質量分析磁石によって分離された軽イオンを遮断するシャッタと、質量分析磁石によって分離された軽イオン以外のイオンビームが注入されるように試料を保持しイオンビームの長手方向と直交する方向に試料を移動させる試料保持機構とすることを特徴とするイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウェーファ、ガラス基板などの大型の加工品に、大電流イオン注入を実現するためのイオン注入装置に関する。Siウェーファの場合は、ボロン、リン、ヒ素などP型、n型不純物をドープするためにイオン注入することが多い。スループットを上げるために、一様な注入分布でしかも高速でドープする装置が望まれる。さらに水素イオンなどが注入されると温度が過度に上がるなどの悪影響があるから水素イオンなどを除去することが望ましい。

【0002】

【従来の技術】従来の大電流イオン注入装置は大別してふたつの種類がある。ひとつは、細い(0次元の広がり)高密度のイオンビームを扇形マグネットによって質量分析し所望のイオン種のみを、回転並進運動する回転ターゲットに載置されている加工品(ウェーファ)に照射するものである。細いイオンビームであるから扇形磁石によって質量分離するのは簡単である。しかしビーム自体は広がりを持たないので、ウェーファの全面に照射するために、ウェーファを並進、回転させる必要がある。ウェーファを支持するエンドステーション側で2次元的にウェーファを動かす必要がある。

【0003】もうひとつは大口径のイオン源から大口径イオンビームを引き出し質量分析せずにウェーファに照射するものである。ウェーファの直径をWとし、イオン源から引き出されたイオンビームの直径をDとする。D>Wの大口径のイオンビームを発生させて、ウェーファを走査する必要がない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

1. 回転ターゲットを用いる方式では、細い0次元ビームを発生させてビーム光学系は単純である。しかし回転並進を行わせなければならないエンドステーションの構造は複雑である。ウェーファを載置したディスクは高

速回転と、イオンビーム電流に比例しビーム位置に反比例するような並進速度制御を行わなければならない。又ウェーファでのビーム電流密度が高くなるとウェーファのチャージアップ現象が著しくなる。チャージアップは、正または負のイオンビームを注入したとき電荷が逃げず、電荷がウェーファなどの表面に蓄積される現象である。これによってウェーファの表面のデバイスが破壊されることもあり望ましくない。現在大口径ウェーファにイオン注入する方法として、現実的に利用されているのはこの回転ターゲット方式であるが、このような欠点がある。

【0005】2. 大口径イオン源非質量分離方式はビーム光学系はイオン引き出し系だけであるから装置構成はいっそう単純である。エンドステーションの構造も単純である。しかし大口径イオンビームは質量分析することができないので、所望イオン以外のイオン種も区別されずウェーファに注入されてしまう。不純物イオンの注入によって所望の特性が得られない事がある。さらにイオンでなく分子の形でも注入されるので注入深さ分布がプラズマの状態によって変化する。注入深さが一定しにくいのでデバイス特性が一定しにくいという難点もある。

【0006】後者に関しては、例えば、ボロンの注入を行う場合、ジボラン(B_2H_6)が原料ガスとして用いられる。この際ボロンとともに水素イオンもウェーファに注入される。注入された水素は高速であるからゲート酸化膜を突き抜けチャンネル層にまで注入される場合がある。これがゲート電極下方でのチャンネルに格子欠陥を生じさせことがある。イオンエネルギーは全て熱に変換されるが所望のイオン種以外のイオン(例えば水素イオン)が注入されるとそれによって試料が過熱されてしまう。温度上昇によって試料上のデバイスが破壊される惧れがある。

【0007】3. 大口径イオン源方式の難点はそれだけではない。8インチウェーファや12インチウェーファといった大面積の基板にイオン注入しようとする場合、ウェーファ面上いたるところで数%以内の注入均一性が要求される。このような大面積でビームの密度均一性あるイオン源を実現するのは至難の技である。大口径イオン源は現在のところ注入均一性要求の厳しくない小面積のウェーファにしか使えない。

【0008】4. 質量分析しないイオン注入法としてさらに、PIII法(Plasma Immersion Ion Implantation)というものが提案されている。Shu Qin and Chung C han, "Plasma immersion ion implantation doping experiments for microelectronics", J. Vac. Sci. Technol. B 12(2), (1994) p962。これはSiウェーファをプラズマ中にさらし、ウェーファに負の電圧を印加することによってシース領域でイオンを加速しウェーファに注入する方法である。イオンビームを引き出すのにシース電圧を使っているので引出電極が不要である。多くの場合、不純物

は電極がスパッタリングされたものである。この方法では電極から発生する不純物の混入の可能性がない。だから質量分析をしなくても良いというわけである。

【0009】しかし原料ガスが含む元素から出る不要イオンを除く事はできない。前記のボロンドーピングの場合は、原料ガスとしてジボランを使うが、水素イオンがウェファに注入される。水素イオンもボロンイオンも同じ加速エネルギーを持つ。水素イオン注入によってウェファが過熱される。スループットを上げるために注入時間を短縮すると水素注入による温度上昇が著しくなる。だから注入時間を余り短くできない。ウェファ1枚に、10分掛かって $1.9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ の密度のイオン注入をした事が報告されている。これではスループットが低すぎる。1枚1分以内でイオン注入したいものである。実際この方法は実用化されていないようである。

【0010】5.これまでに、0次元ビーム（断面が点）のビームを質量分析し二次元走査されるウェファにビーム注入する方法と、大口径の2次元ビーム（断面が広い円形）のビームを質量分析しないで静止したウェファに注入する方法と、イオン源を使わずプラズマ中のウェファにイオン注入するP III法とを説明した。2番目の大口径イオンビーム法において質量分析できれば問題は解決されるはずである。しかし大口径ビームを質量分析しようとする試みはいまだ実現していない。

【0011】質量分離をして水素などの軽元素を除去することのできるイオン注入装置を提供することが本発明の第1の目的である。同じ元素をドープする事ができる異種イオンもイオン注入できるようにしたイオン利用率の高いイオン注入装置を提供することが本発明の第2の目的である。スループットの高いイオン注入装置を提供することが本発明の第3の目的である。

【0012】第1の目的と第2の目的は共通するものがある。原料ガスがプラズマになると多様なイオンが生成されるが、ある元素を含むものであればそれら全部をイオン注入してガスを有効に利用することを目指すのである。ただ水素だけを含む軽イオン（H⁺、H₂⁺、H₃⁺）は除去する必要がある。これはP型不純物又はn型不純物をドープするという本来の目的に沿うものでない。それに水素イオン注入によってウェファの温度が上がりすぎる。それで軽イオン（最大でH₃⁺）だけを排除するような折衷的な質量分析をおこなう。

【0013】質量分析に関しては、様々な要求がある。厳格にただ1種類のイオンだけを注入するべきであるとするものもある。反対に質量分析は不要だとするものもある。本発明はこれらのうちでは中間的なものである。目的とする元素を含むものであればどのイオン種でもみんな注入され、目的とする元素を含まない水素だけからなるものは排除しようとするのである。

【0014】例えば、シリコンウェファにn型不純物としてPをドープする場合、原料ガスをPH₃とするが、

これはP⁺、PH⁺、PH₂⁺、H⁺、H₂⁺、H₃⁺などのイオンを生ずる。本発明はこのうち、H⁺、H₂⁺、H₃⁺を除き、そのほかのイオンは全て試料に注入するようとするものである。Pの化合物のイオンであれば注入のあと、やがてHが抜けてn型不純物になるから無駄でないのである。つまり本発明の質量分析は、ある閾値M₀より小さい質量Mのイオン（M < M₀）は排除し、閾値より大きい質量Mのイオンは全て（M > M₀）選択するものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】対象となる試料直徑Wより小さい横幅2dと、直徑wより大きい縦幅Tをもつ縦長のイオンビームを生成するイオン源と、縦長イオンビームの通路を有する縦長のヨークと、ヨークの中央部に巻かれた主コイルM1、M2と、主コイルに並んでヨークの一方の端部に巻かれた第1補助コイルA1、A2と、主コイルと並んでヨークの他方の端部に巻かれた第2補助コイルB1、B2とよりなり縦方向に磁場を発生する縦長の質量分析磁石と、質量分析磁石によって分離された軽イオンを遮断するシャッタと、質量分析磁石によって分離された軽イオン以外のイオンビームが注入されるように試料を保持しイオンビームの長手方向と直交する方向に試料を移動させる試料保持機構ととなる。

【0016】本発明の装置は、まず縦長イオンビームを発生させるというところに第1の特長がある。試料の直徑よりも高い縦長のビームを用いるから試料はビームの横方向にだけ移動させれば足りる。ために注入時間を短縮することができスループットが向上する。但し縦長といっているが、もちろん横長のイオンビームであって横方向に磁場を懸け短辺方向に質量分析して、試料を縦方向に動かしても良い。ここでは磁場を縦としビームも縦長と表現する。

【0017】しかし縦長ビームをマグネットによって曲げようとする場合、磁極間隔が極めて長いので一様磁場になりにくい。一様磁場でないと、場所によって曲がり角度が異なるからビームの断面が歪んでしまうし、正しく質量分析することができない。そこで本発明は、長い磁極間隔において一様な磁界を形成することができるよう工夫している。ヨークに巻いた主コイル、第1補助コイル、第2補助コイルなどの組み合わせによって長い磁極間で一様磁場を発生させるようにした。

【0018】一様な縦磁場によって、縦長ビームを短辺側に曲げ、イオンを質量分離する。軽イオンだけを除去するためにシャッターを設けて一定角度以上に曲がったビームをシャッターによって遮断する。残りのビームは全て試料に注入する。試料はビームの長辺とは直交する方向に移動するようになっていて、試料全面にイオンビーム注入できる。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は本発明のイオン注入装置の

概略構成図である。縦長のイオン源1が、縦長のイオン引き出し口2から、帯状(縦長)のビーム3を生成する。試料(ウェファ)の直径をWとすると、ビームの縦長さTはWより大きい、ビームの横幅2dはWより小さい($T > W > 2d$)。ビーム3の経路には、ビームの長辺Tに平行な縦磁場 B_y が形成されている。ここで座標系を定義する。ビームの進行方向をz方向、縦長ビームの短辺の方向をx方向、ビーム長辺の方向をy方向とする。帯状ビーム3は縦磁場 B_y の為にローレンツ力を受け、x方向に曲がる。曲率半径をRとすると、

【0020】

$$B_y R = (2MV/q)^{1/2} \quad (1)$$

【0021】である。 q は電荷、Vは引出電圧、Mは質量である。重いイオンはRが大きい。つまり曲がりにくい。軽いイオンはRが小さい。つまり曲がり易い。軽イオンはビーム5のように大きく曲がる。重イオンはビーム4のように殆ど曲がらない。軽イオンは水素のイオン(H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+)などを意味する。重イオンは、先ほどのPドープの例では、 P^+ 、 PH^+ 、 PH_2^+ などである。行路中にシャッター7を進退自在に入れて軽イオン5を遮断するようにしている。スリットではなくて、シャッターであるから、ある質量以上のイオンは全て通す。

【0022】シャッター7で遮られなかった重イオンのビーム4は対象物(ウェファ)6の表面に注入される。ビーム4は複数のイオン種を含むのでウェファ6面で広がりを持つ。複数イオン種の存在のために注入面8の幅 Δx は、もとのビームの幅2dよりも広くなる($\Delta x > 2d$)。

【0023】ビームの短辺方向(x方向)に一様磁場を作るのは比較的簡単である。磁極間隔が狭いからである。本発明はそうではなくて、ビームの長辺方向(y方向)に一様磁場 B_y を作りだし、これによってビームを質量分析しようとする。磁極間距離が長いので、細長い閉ループからなるヨークにコイルを巻いたものではヨーク面からの磁束漏れのために一様な磁場を形成することができない。中央部で強く、両端で弱い磁場となる。 $y=0$ の近くではビームは強く曲がり、 $y=0$ から離れるごとに弱く曲がるようになる。すると図8(a)のようにビームがウェファ面で湾曲してしまう。湾曲するだけでなく、 $y=0$ から離れた部位で、重イオン P^+ と、軽イオン H_3^+ のビームの一部が重なってしまう。ここで質量分離が不完全になる。

【0024】そこで一様な縦磁場形成の為に本発明は特別な工夫をしている。図2は本発明のイオン注入装置の縦断面図、図3は同じものの平面図である。イオン源1は縦長のイオン源であって、縦長のイオン引き出し口2を持ち、ここからy方向に長く、x方向に短い断面のビーム3が引き出される。ビームはz方向に進行し、ヨーク10の内部に入る。ヨーク10の内部には一様な縦磁

場 B_y が存在する。これによって軽いイオン5は強く曲がり、重いイオンは弱く曲がる。ビーム経路に出入自在にシャッタ7と位置検出器11が設けられる。これは図1と図3に示した。

【0025】位置検出器11は初めにイオンビームの空間的な分布を調べるためのものである。シャッタの前にあっても、後ろにあっても、さらにウェファの後ろにあっても良い。これはxy面に広がる二次元の検出器または一次元の検出器である。一次元の検出器を使う場合はセンサ列と直角方向に移動させて実質的に二次元のセンサとする。初めに位置検出器11これをビーム経路に持ち出して、磁界が0の時の直進ビームのxy方向のイオン分布を調べる。さらに磁界を掛けてイオンプロファイルの歪をモニタし、イオンビームが歪まないように補助コイル電流を調整する。

【0026】位置検出器11とシャッタ7は同様にx方向に進退可能である。イオン注入を行うときは、位置検出器11を引き込み、代わりにシャッター7を繰り出す。軽いイオンは強く曲がるのでシャッター7によって遮断される。重いイオンは曲がりが少ないのでシャッター7に触れず、ウェファ6に入射する。エンドステーション9は、ウェファ6を支持しx方向に移動できる支持機構を備える。

【0027】図4はヨーク10と6つのコイルを示している。ヨークは強磁性体の閉磁路を構成する。矩形状であってy方向に長く、x方向に短い。x方向のヨーク部分をX枠、y方向のヨーク部分をY枠と呼ぶ。Y枠には6つのコイル、M1、M2、A1、A2、B1、B2が設けられている。中央の主コイルM1、M2は最も巻き数の多いコイルである。巻き方向は同一であって、何れも上向きの磁束をヨーク10内に発生させる。ヨーク10に上下向きの循環型の磁束を生じさせるのではない。主コイルより下方には第1補助コイルA1、A2がある。これも巻き方向は同一であり何れも上向きの磁束を生じる。主コイルより上方には第2補助コイルB1、B2がある。これも上向きの磁束を発生させる。

【0028】つまりこのヨークは閉曲線の磁路を持つが、コイルによって作られる磁束は閉曲線に沿ってヨーク中を回るものではない。左側Y枠に巻き付けてある3つのコイルB1、M1、A1は何れも上向き磁束を与える。右側Y枠にある3つのコイルB2、M2、A2も上向き磁束を作る。磁束はX枠の中央Uで衝突し、上下にヨークから飛び出す。

【0029】上向きに飛び出したものは、ヨークを大きく外回りして、反対側のX枠の中心Dに戻る。これは磁束の損失である。下向きに飛び出したものは、下向きの磁束密度Bとなる。これは質量分析空間12を縦に貫き、下のX枠の中央Dでヨーク内に戻る。このように、ヨーク10は上下のX枠の中点UとDが磁極になる。

【0030】右側の磁束は、A2、M2、B2を下から

上に抜け、ヨーク10の上枠の中点Uから下降して、ビーム3を通り、下枠の中点Dへ戻りさらにA2、M2、B2を通過する閉ループを描く。

【0031】左側の磁束は、A1、M1、B1を下から上に抜け、ヨーク10の上枠の中点Uから下降して、ビーム3を通り、下枠の中点DへもどりさらにA1、M1、B1を通過する閉ループを描く。

【0032】このように、X枠の中点U、Dで磁束が強く衝突し磁場エネルギーがここで高くなるので、その近傍でのヨークからの磁束の漏れが大きい。これが問題である。もしも一対の主コイルM1、M2だけであると、ヨーク半ばでの磁束漏れのためにByがy方向で一様にならない。

【0033】図6は主コイルM1、M2だけに50000ATの電流を流し、補助コイルA1、A2、B1、B2には電流を流さない時の、磁束密度By(y)のy方向の分布である。ATというのは本来MK S単位系での磁場Hの単位であるが、ヨークに発生させる起磁力を与えるものとしてここでは、コイルの巻数Nと電流Iの積によってコイル起磁力を表現している。もしもヨークが閉磁路をなし、漏れ磁束がないとすれば、ヨーク内の磁場HはATの値を磁路長によって割った値になる。

【0034】しかし本発明の使い方では磁束漏れがあるのでヨーク内の磁場は、ATを磁路長で割ったものにはならない。従ってAT/mと磁束密度Bの間に単純な比例関係はない。コイルに流す電流が大きいので磁極間が離れていても十分な磁束密度Bを発生させることができる。ATが大きいとヨークの飽和が起こる惧れがある。しかしヨークの断面積が十分であれば、磁束密度は数kGの程度であるから、飽和が起こる心配は無い。

【0035】さてヨークの開口のy方向の長さを40cmとして、中央部y=0では1600ガウスになる。しかし両端部y=±20cmでは720ガウスにしかならない。Byがy方向に不均一になる。y=0の付近を通るビームは強く曲がるが、y=±20cmの付近を通るビームは曲がりが小さい。

【0036】そこで両側に補助コイルを設けてこれらに大電流を流す事によって両端での磁場を増強する。図7は主コイルM1、M2にそれぞれ25000ATの電流を流し、補助コイルA1、A2、B1、B2にはそれぞれ12500ATの電流を流した時のy方向の磁束密度By(y)を示す。y=0cmで1040ガウスであるが、y=±20cmに至るまで一様であり、平坦な磁束密度分布が実現されている。このように補助コイルA、Bを励磁することによってy方向の磁場を一様にすることができる。磁場が一様であれば、y方向の位置の違いによらず、ビームの曲がりを等しくできる。

【0037】図8の(b)に示すように、初めに矩形断面のビームであれば、ウェファ面上でも、Pについて矩形断面になるし、H₃についても矩形断面になる。図8

のPとH₃の境界の部分にシャッターを入れると、H₃⁺、H₂⁺、H⁺などの軽イオンを全て落とし、P以上の質量をもつ、P⁺、PH⁺、PH₂⁺、PH₃⁺などのイオンを全てウェファに注入することができる。図8(b)ではPの領域とH₃の領域が接触しているが、もう少しウェファを後ろへずらすと両者は十分に離隔する。

【0038】初めに二次元分解能を持つ位置検出器11(ファラディカップなど)によってイオンビームの分布を求めておき、PとH₃ビームの境界を求め、境界部分にシャッターを位置させる。照射領域8が既知になるので、ウェファ6をx→-x方向に走査すればよい。これはウェファの支持機構によって行う。一方の並進だけでウェファの全面に一様にビームを注入することができる。高速回転と並進運動を同時に走査する、従来の大口径ウェファ用のイオン注入装置のエンドステーションに比較して、格段に単純化される。

【0039】

【実施例】直径30cmのシリコンウェファにPイオンをドープする場合について説明する。原料ガスはPH₃ガスである。これをイオン源に導入してプラズマとし、引出電極の作用によってイオンビームとして引き出す。縦長のイオン源1から高さが40cm横幅が10cmの帯状のイオンビームを発生させる。ビーム前方には二次元の位置検出器11を配置する。これによってイオンビームのx、y方向に二次元分布を調べる。

【0040】たとえば二次元の検出機能をもつファラディカップを用いる。二次元分解能を持たせるため、例えば1cm径のイオン検出部を多数格子状に並べたファラディカップが適する。二次元検出器の代わりに、y方向に伸びる一次元位置検出器をx方向に移動させても良い。或いはx方向に伸びる一次元位置検出器をy方向に移動させることもできる。これらのビーム強度の二次元信号をパラレルに、或いはゲートを懸けて、シリアルに読み出して適當な数学的処理をパソコンで行い、ビームの2次元分布をCRTに表示できる。この状態では、水素イオンや燐イオンは重なったピークを作っている。

【0041】つぎに主コイルM1、M2に通電してヨークから縦磁場Byを発生させる。磁場分布は図6のようになる。イオンビームはx方向に曲がり、ピークが二つに分離する。図8(a)のようにH₃のビームと、Pのビームは中央部では分離しているが、端では互いに重なっている。もとのビームが40cm×10cmの矩形状であるのにビームが歪むのは中央で磁場が強く端で弱いからである。

【0042】さらに補助コイルA1、A2、B1、B2に通電してこれを励磁する。主コイルM1、M2の電流とバランスを取りながら補助コイル電流を増加させる。ビームの分布が図8(b)のように矩形状になり完全に分離できればよい。このとき図7のような一様磁場が形

成されている。

【0043】注入角度が問題になるときは、基板6を傾けて燐イオンのビームが直角になるようにする。この条件では、燐イオンの入射角は約10度、水素イオンは約40度程度である。であるからウェファ6を約10度傾けて入射するようすれば良い。入射角が10度位傾いても差し支えないという場合は、ウェファは傾けなくても良い。ビーム断面はy方向に長い長方形であるから、基板6はx方向に並進させて全面にイオン注入する。

【0044】先ほどヨークの飽和について述べたが、ここで、燐ドープの例について、パラメータの例を説明する。図5は横幅JHG(2d)のある縦長ビームが磁場のファラディ力で曲がる有り様を示す。有効な磁場の存在する領域の幅をLとする。水素H₃⁺イオンは点Cを中心として小さい半径R_Hの円弧を描く。中心角をθ_Hとする。H₃⁺ビームは入口でJHGの広がりを持つので、出口でもSQPの範囲に広がっている。中心点Hからz方向に引いた線と領域の端の線の交点をFとする。燐イオンは点Eを中心として大きい半径R_Pの円弧を描く。中心角をθ_Pとする。P⁺ビームは入口でJHGの幅を持つから、出口でもNMKの広がりを持つ。

【0045】燐ビームの出口分布で最もxの値が大きいのは点Nである。H₃ビームの出口分布で最もxの小さ

$$R_H - R_H \cos \theta_H - d > R_P - R_P \cos \theta_P + d$$

【0056】であればよい。具体的に、磁場領域の幅Lを50cm、ビーム半幅dを5cm、ビームエネルギーを100keVとして、分離すべきイオンをH₃イオンと、Pイオンとすると、必要な磁束密度は1000ガウス程度になる。この時(B=0.1テスラ)、R_H=7.9cm、θ_H=39°、R_P=25.3cm、θ_P=11°となる。このとき不等式(8)を満足している。この程度の縦磁場を発生させるのは可能である。図7のように、主コイルに25000AT、補助コイルに12500ATの電流を流すと、B=1040ガウスになる。

【0057】図9には補助コイル電流を0としたときの、ビームの広がりを示す。図9(a)は燐イオンを100keVに加速したときのビームである。ビームにはもともと横幅(2d:図5のGHJ)があるので、中央と左右のビーム軌跡3本を示す。いずれも3本に分離しているが、これはy方向の磁場Byがばらついているからである。図9(b)は100keVのH₃イオンの軌跡である。軽いイオンであるから曲がりがより著しい。やはりByの不均一性のために3本以上のビームに分離している。

【0058】図10は補助コイル電流を流し、Byを一様にした時のビーム広がりを示す。図10(a)は100keVの燐イオンの軌跡である。Byがy方向で一様であるから、ビームは分離しない。図10(b)は100keVのH₃イオンの軌跡である。これは僅かに分離しているが、xの大きい範囲でByが少し不均一になっ

いのは点Pである。このようにX_N<X_Pであれば、シャッターをPN間に置く事によってH₃を全部落とす事ができる。もちろんビーム角度も違うので実際にはもつと余裕がある。

【0046】

$$R_H = (M_H V)^{1/2} / 0.69 B \quad (2)$$

【0047】

$$R_P = (M_P V)^{1/2} / 0.69 B \quad (3)$$

【0048】ここで半径Rの単位はcm、磁束密度の単位はテスラ、MH(3)、MP(31)は質量数である(M_H=3、M_P=31)。加速電圧Vの単位は10keVである。磁場領域Lでのビーム曲がりの中心角θ_P、θ_Hは、

$$R_H \sin \theta_H = L \quad (4)$$

$$R_P \sin \theta_P = L \quad (5)$$

【0051】によって決まる。

【0052】

$$FN = R_P - R_P \cos \theta_P + d \quad (6)$$

【0053】

$$FP = R_H - R_H \cos \theta_H - d \quad (7)$$

【0054】である。分離の条件はFP>FNであるから、

【0055】

$$R_H - R_H \cos \theta_H - d > R_P - R_P \cos \theta_P + d \quad (8)$$

ているからである。

【0059】図11には主コイル電流が50000AT、補助コイル電流が0の時の(図6と同じ条件)ヨークや磁極間の磁力線の分布を示す。ヨーク外側の枠は無限円の代わりに仮想的な境界条件を設定する枠である。磁力線は連続するのでこのような境界条件を入れないと磁力線を計算できない。実際にヨークをこのような強磁性体の箱で囲む事もあるが、囲まない場合もある。このような境界条件は内部の磁力線分布にはあまり強い影響を持たない。主コイルだけを励磁するので、ヨークから漏れが多く、磁力線が磁極間で完全に平行にならない。

【0060】図12には主コイルに25000AT、補助コイルに12500ATの電流を流した時(図7と同じ条件)のヨークや磁極間の磁力線分布を示す。磁極間で磁力線が完全に平行になっている事が分かる。

【0061】

【発明の効果】本発明は、帯状のイオンビームを短辺の方向に磁石によって曲げてイオンを質量分析する。原料ガスをイオンとしたとき、不要な軽イオンと必要な重イオンを含むようになる場合、これを分離し不要な軽イオンを除く。非質量分析タイプのイオン注入装置に比較して発熱が少なく、不純物の注入による悪影響も少ない。必要な重いイオンが複数種ある場合それらの全てをイオン注入できるから原料を有効に利用できるし、注入処理能力も大きい。対象物(ウェファ)は一方だけに往復移動させれば良いのでエンドステーションの構造が単純

になる。

【0062】この種のエンドステーションの場合、ウェファをビーム幅の長さだけ余分にオーバースキャンしなければ注入均一性を保証できないが、ウェファ面上でのビームプロフィルを、補正コイルの電流によって制御できるので、オーバースキャン幅を補正コイルなしの場合に比べてより狭くできる。これにより注入時間を短縮できる。曲げ角度が少なくて済みビームラインが短くて良い。そのために空間電荷効果によるビーム発散が少ないなので、ビーム損失が少ない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のイオン注入装置の概略斜視図。

【図2】本発明のイオン注入装置の縦断面図。

【図3】図2に示す本発明のイオン注入装置の横断平面図。

【図4】本発明で利用する縦長ビームの質量分析マグネットのヨークとコイルの関係を示す正面図。

【図5】マグネットによって縦長ビームを横方向に曲げることによって水素よりなる軽イオン H_3^+ と燐Pを含むイオンとを質量分析できることを示す説明図。

【図6】主コイルだけに50000ATの電流を流したときのヨーク開口内での、磁束密度Byのy方向分布を示すグラフ。y=0で磁束密度が過度になり、これから遠ざかるに従って磁束密度が過小になる。

【図7】主コイルに25000AT、補助コイルに12500ATの電流を流したときのヨーク開口内での、磁束密度Byのy方向分布を示すグラフ。y方向で磁束密度が一様になっている。

【図8】補助コイルによる磁場がビームプロフィルにどのような影響を及ぼすのかを説明するための図。(a)は補助コイル電流が0の場合、(b)は補助コイルに適当な電流を流している場合を示す。

【図9】補助コイル電流が無いとき、質量分析マグネットが、イオンビーム軌跡にどのような影響を及ぼすかを説明するビーム軌跡図。(a)は補助コイル電流が0の時の、100keVに加速した燐イオンの軌跡図。

(b)は補助コイル電流が0の時の、100keVに加速した H_3^+ イオンの軌跡図。いずれも3本のビームに分離している。

【図10】補助コイルに適当な電流を流したときに、質量分析マグネットが、イオンビーム軌跡にどのような影響を及ぼすかを説明するビーム軌跡図。(a)は補助コイル電流が0の時の、100keVに加速した燐イオンの軌跡図。(b)は補助コイル電流が0の時の、100keVに加速した H_3^+ イオンの軌跡図。y方向に磁束密度が一様であるからビームが分離しない。

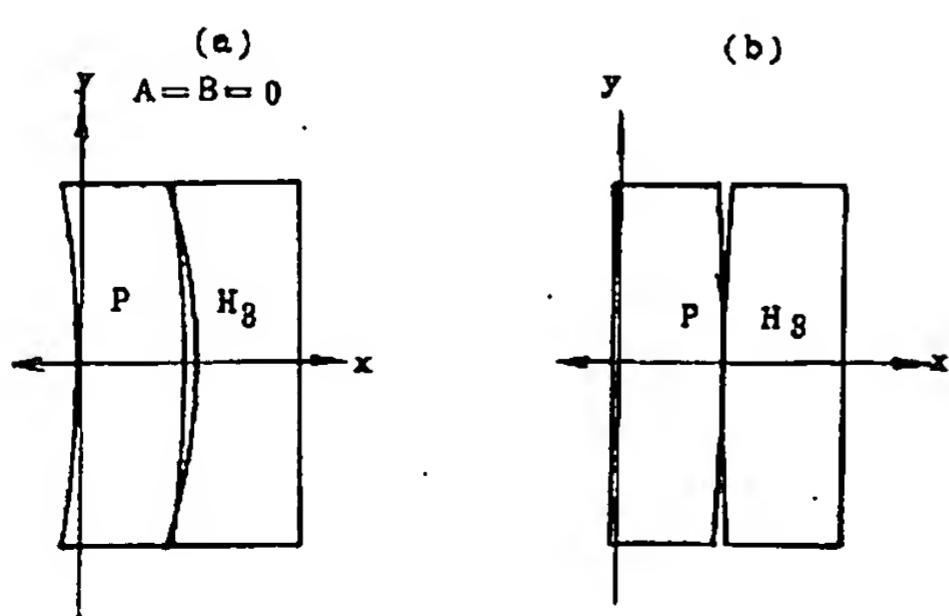
【図11】主コイル電流が50000ATで、補助コイル電流=0の時、コイル電流によってヨーク内に形成される磁力線の分布に関する計算結果を示す図。ヨークの外側に閉磁路をなす磁気回路を仮定し無限遠まで磁力線が広がらないという境界条件を課している。磁極間で磁力線が湾曲している。

【図12】主コイル電流が25000ATで、補助コイル電流=12500ATの時、コイル電流によってヨーク内に形成される磁力線の分布を示す図。ヨークの外側に閉磁路をなす磁気回路を仮定し無限遠まで磁力線が広がらないという境界条件を課している。磁極間で磁力線が直線になっている。

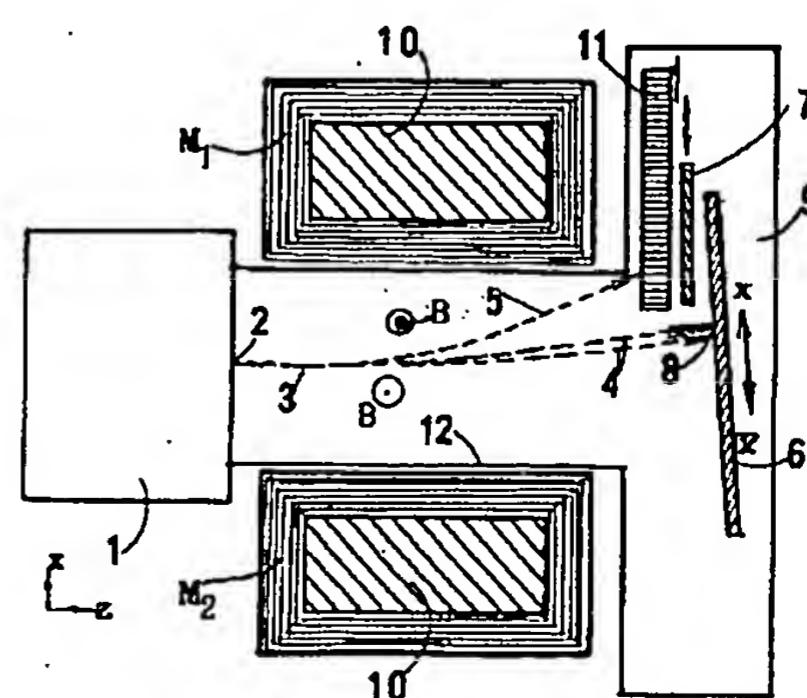
【符号の説明】

- 1 縦長のイオン源
- 2 イオン引き出し口
- 3 帯状イオンビーム
- 4 重いイオンを含むビーム
- 5 軽いイオンを含むビーム
- 6 ウェファ
- 7 シャッター
- 8 重いイオンの照射領域
- 9 エンドステーション
- 10 質量分析磁石のヨーク
- 11 位置検出器
- 12 質量分析空間

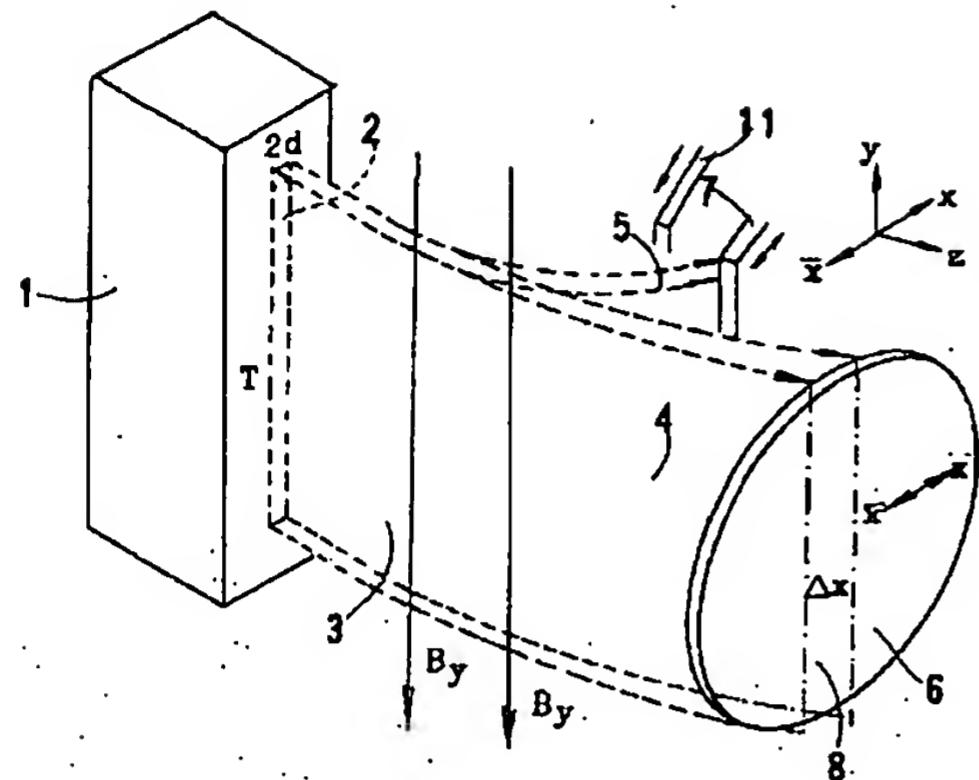
【図8】



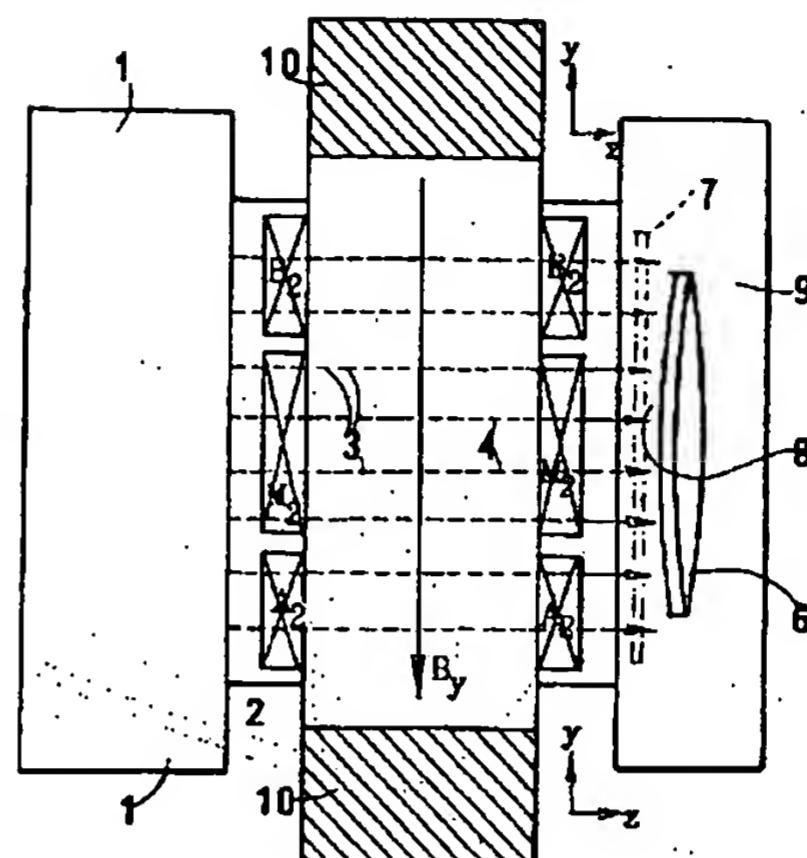
【図3】



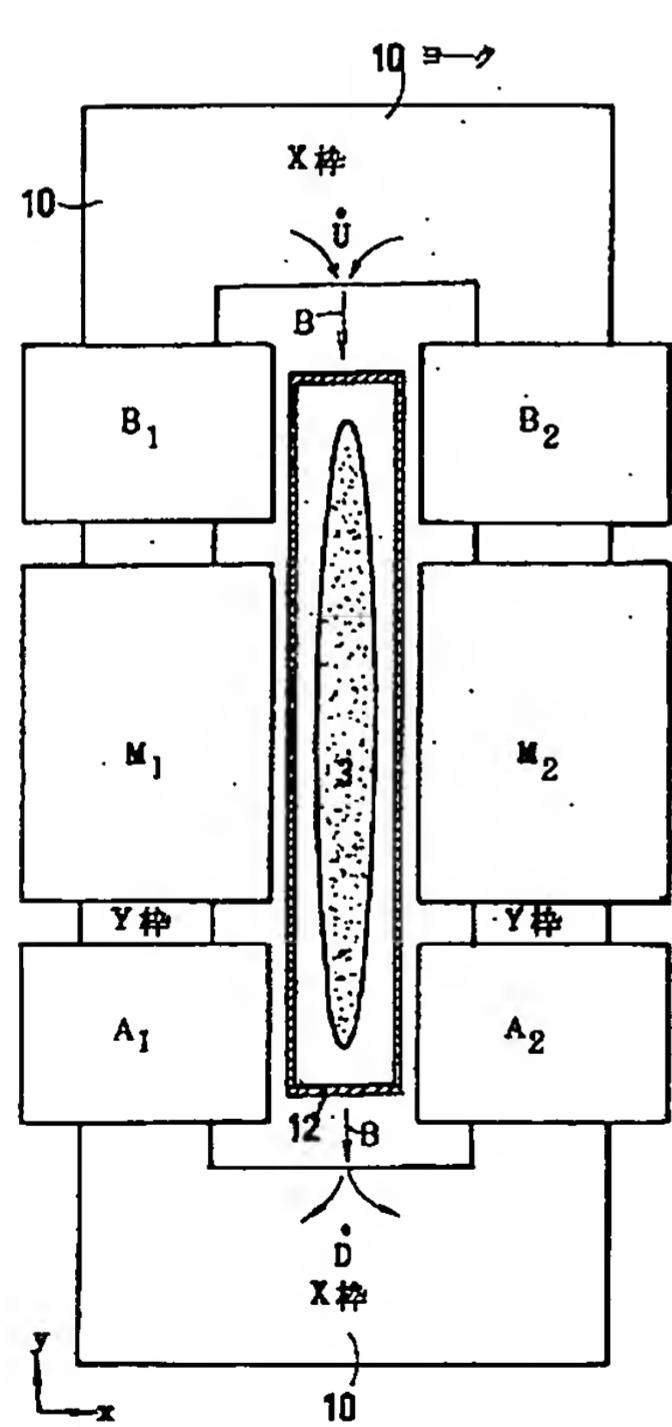
【図1】



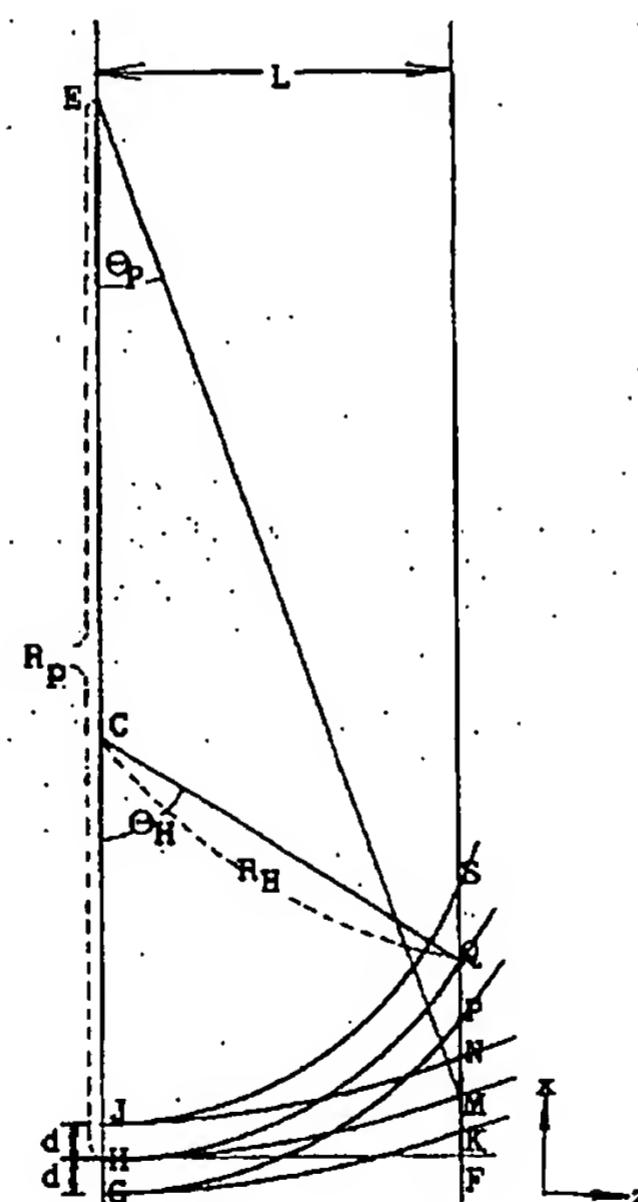
【図2】



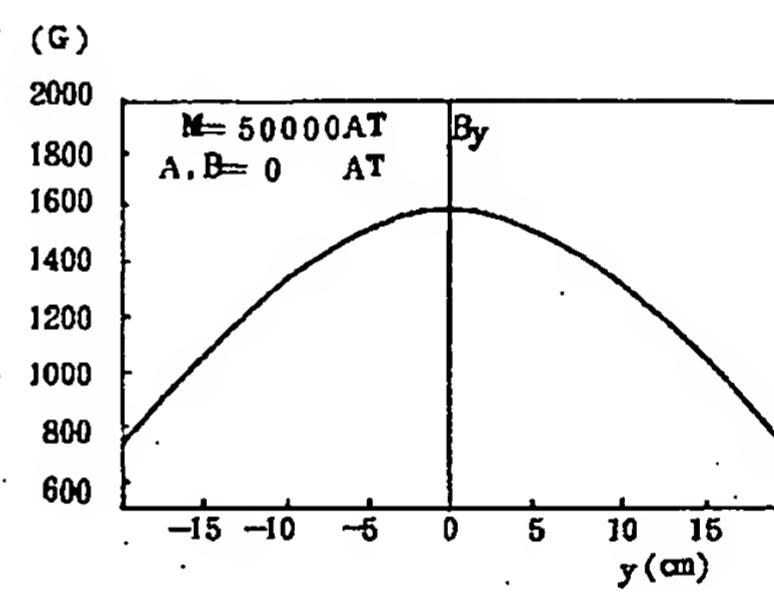
【図4】



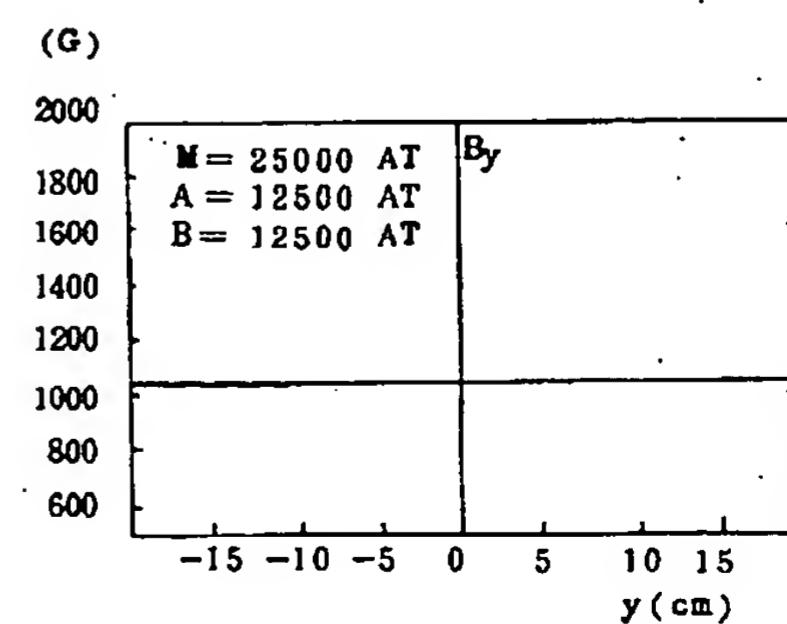
【図5】



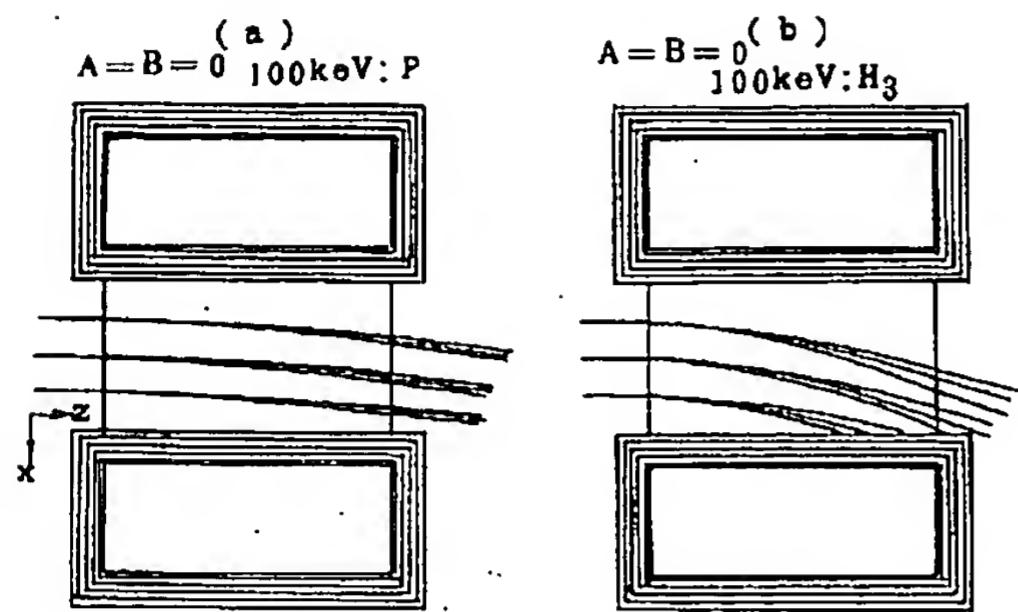
【図6】



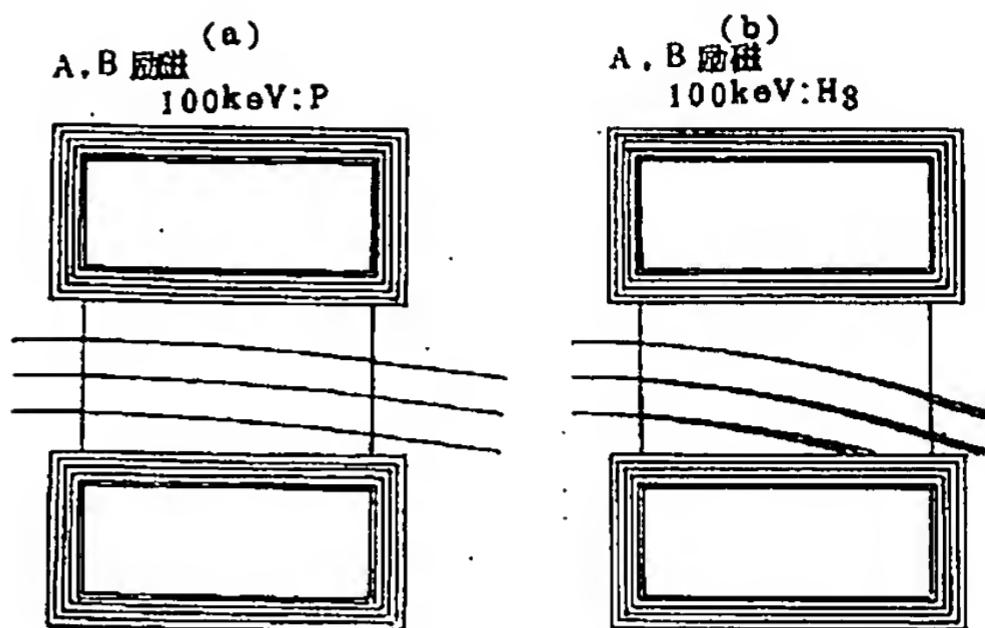
【図7】



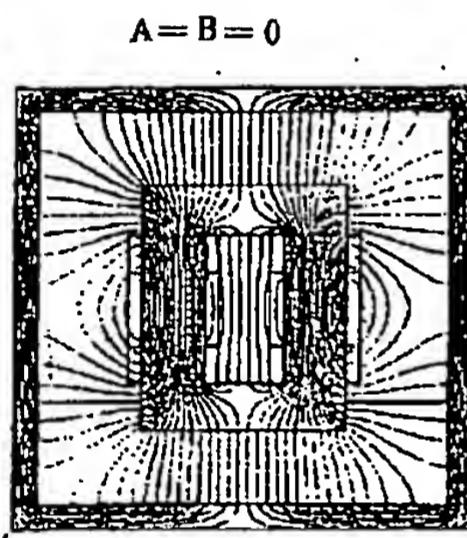
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

